

(19)



(11)

EP 2 696 077 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
29.07.2015 Patentblatt 2015/31

(51) Int Cl.:
F04D 19/02 ^(2006.01) **F04D 27/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12179977.9**

(22) Anmeldetag: **10.08.2012**

(54) **Gasturbinenverdichter mit reduziertem Pumpen sowie zugehöriges Verfahren**

Gas turbine compressor with reduced pumping and associated method

Compresseur de turbine à gaz avec pompage réduit et méthode associée

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.02.2014 Patentblatt 2014/07

(73) Patentinhaber: **MTU Aero Engines AG
80995 München (DE)**

(72) Erfinder: **Hiller, Sven, Dr.
85244 Röhrmoos (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-A1- 2 853 340 DE-A1-102004 055 439
US-A- 2 837 269 US-A- 3 073 511**

EP 2 696 077 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und einen Gasturbinenverdichter zum Reduzieren eines Verdichterpumpens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wie aus der Druckschrift DE 28 53 340 A1 bekannt ist.

[0002] Das Verdichterkennfeld eines Gasturbinenverdichters wird durch die sogenannte Pumpgrenze in einen stabilen und einen instabilen Bereich geteilt. Liegt, insbesondere durch Verminderung der Fördermenge oder Anstieg der Förderhöhe, der Betriebspunkt des Verdichters in dem instabilen Bereich, kann Arbeitsfluid entgegen der Förderrichtung des Verdichters, insbesondere zyklisch, in eine stromaufwärtige Stufe zurückströmen und von dieser wieder gefördert werden. Durch dieses sogenannte (Verdichter)Pumpen kann die Gasturbine belastet werden.

[0003] Aus betriebsinterner Praxis ist eine Pumpverhütungs- bzw. Pumpschutzregelung bekannt, die auf Basis des Betriebspunkts des Verdichters bei Annäherung an die Pumpgrenze bzw. infolge eines Pumpdruckstoßes ein Entlastungsventil öffnet. Solche Pumpverhütungs- und Pumpschutzregelungen arbeiten elektronisch und werden extern durch einen Gasturbinenregler gesteuert. Diese ausfallsicher auszubilden, ist, insbesondere bei den hohen Sicherheitsanforderungen von Flugtriebwerken, aufwändig.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Verdichterpumpen in einem Gasturbinenverdichter in vorteilhafter Weise zu reduzieren, insbesondere zu verhindern.

[0005] Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein Gasturbinenverdichter nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durch dessen kennzeichnende Merkmale weitergebildet. Anspruch 9 stellt ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Gasturbinenverdichters unter Schutz, die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen.

[0006] Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist ein Gasturbinenverdichter, insbesondere ein Flugtriebwerkverdichter, drei oder mehrere Verdichterstufen sowie eine oder mehrere Umblaspassagen zur Rückführung von Arbeitsfluid von einer oder mehreren stromabwärtigeren zu einer oder mehreren stromaufwärtigeren Stufen, und einen Regler zum Öffnen und Schließen dieser Umblaspassage(n), um ein Verdichterpumpen zu reduzieren, insbesondere zu verhindern, auf.

[0007] Durch eine ganz oder teilweise geöffnete Umblaspassage kann Arbeitsfluid von einer oder mehreren stromabwärtigen Stufen zu einer oder mehreren stromaufwärtigen Stufen strömen.

[0008] Der Regler kann dazu ausgebildet sein, eine oder mehrere Umblaspassagen, insbesondere gekoppelt bzw. synchron, zu öffnen und zu schließen.

[0009] In einer Ausführung kann der Regler eine oder mehrere Umblaspassagen ausschließlich vollständig öffnen bzw. schließen. In einer anderen Ausführung kann der Regler eine oder mehrere Umblaspassagen auch

teilweise öffnen bzw. schließen, insbesondere in vorgegebenen diskreten Schritten oder kontinuierlich.

[0010] Eine oder mehrere Umblaspassagen können in axialer Richtung vor, bei oder nach einem Laufgitter einer Verdichterstufe in diese münden, vorzugsweise radial außen oder innen.

[0011] Der Regler weist ein oder mehrere fluidmechanisch betätigbare Verarbeitungsglieder auf. Ferner wird der Regler durch Arbeitsfluid einer zwischen dieser stromabwärtigen und stromaufwärtigen Stufe angeordneten mittleren Stufe betätigt. Ein oder mehrere Verarbeitungsglieder sind in einer Ausführung durch das Arbeitsfluid pneumatisch betätigbar. Zusätzlich oder alternativ können ein oder mehrere Verarbeitungsglieder durch ein anderes Fluid betätigbar sein.

[0012] Unter einem fluidmechanisch betätigbaren Verarbeitungsglied im Sinne der vorliegenden Erfindung wird insbesondere ein Bauteil verstanden, dass eine oder mehrere Eingangsgrößen in logischer und/oder arithmetischer Weise fluidmechanisch auf eine oder mehrere Ausgangsgrößen, insbesondere eine Stellgröße, abbildet, insbesondere drei oder mehrere Eingangsgrößen fluidmechanisch miteinander verknüpft bzw. verschaltet. Drei oder mehr Verarbeitungsglieder können ihrerseits fluidmechanisch miteinander verknüpft bzw. verschaltet sein, indem eine oder mehrere Ausgangsgrößen eines Verarbeitungsgliedes als Eingangsgröße(n) einem anderen Verarbeitungsglied fluidmechanisch zugeführt werden. "Fluidmechanisch" im Sinne der vorliegenden Erfindung kann insbesondere "mechanisch durch ein Fluid" bedeuten.

[0013] Indem ein oder mehrere, vorzugsweise alle Verarbeitungsglieder des Reglers nicht elektronisch sondern fluidmechanisch betätigbar ausgebildet sind, kann auf einfache Weise ein zuverlässiger Regler zum Reduzieren eines Gasturbinenverdichterpumpens zur Verfügung gestellt werden.

[0014] Das bzw. die Verarbeitungsglieder des Reglers bilden dessen Regelstrecke bzw. verknüpfen in einer oder mehreren durch je ein Verarbeitungsglied implementierten Stufen eine oder mehrere Regeleingänge, insbesondere fluidmechanische Größen, vorzugsweise Druck und/oder Volumenstrom, des Arbeitsmediums, insbesondere einer oder mehrerer stromaufwärtiger Verdichterstufen, zu einer oder mehreren Stellgrößen, die insbesondere ein Öffnen bzw. Schließen der Umblaspassage(n) bewirken. Dementsprechend kann ein Verarbeitungsglied im Sinne der vorliegenden Erfindung auch ein durch das Arbeitsmedium einer oder mehrerer Verdichterstufen fluidmechanisch beaufschlagtes Erfassungsglied und/oder ein fluidmechanisch betätigtes Stellglied zum Öffnen bzw. Schließen der Umblaspassage(n) aufweisen. Beispielsweise bildet ein federbelastetes Rückschlagventil in einer Umblaspassage ein fluidmechanisch betätigbares Verarbeitungsglied, das von dem Arbeitsfluid der stromabwärtigen Stufe beaufschlagt wird (Erfassungsglied) und dessen Druck mit der Feder Vorspannung derart regelungstechnisch verknüpft ist,

dass bei einem Überschreiten eines - durch die Feder-
vorspannung vorgegebenen - Wertes die Umblaspassa-
ge geöffnet bzw. bei Unterschreiten dieses Wertes ge-
schlossen wird (Stellglied).

[0015] In einer Ausführung ist der Regler fluidmecha-
nisch ausgebildet. Hierunter wird insbesondere verstan-
den, dass der Regler rein fluidmechanisch arbeitet, d.h.
seine gesamte Regelstrecke von der bzw. den Eingangs-
größen bis zu dem bzw. den Stelleingriffen, die die Um-
blaspassage(n) öffnen bzw. schließen, ausschließlich
fluidmechanisch, insbesondere durch das Arbeitsfluid
des Verdichters pneumatisch, implementiert ist, ohne
dass der Regler elektronische Signale zum Regeln ver-
wendet. Hierdurch kann der Regler insbesondere bei
Stromausfall weiterarbeiten. Zusätzlich oder alternativ
kann der Regler autonom ausgebildet sein. Hierunter
wird insbesondere verstanden, dass der Regler nur auf
Basis des Arbeitsfluids, insbesondere in einer oder mehr-
eren stromaufwärtigen Stufen, als Eingangsgrößen reg-
elt, bzw. dass der Regler nur auf Basis einer oder mehr-
erer fluidmechanischer Größen einer oder mehrerer
Verdichterstufen arbeitet.

[0016] In einer Ausführung weisen ein oder mehrere
Verarbeitungsglieder des Reglers einen oder mehrere
fluidmechanische, insbesondere pneumatische, Addier-
er, Subtrahierer, Vergleicher, Integratoren, Differenzier-
er, Dämpfer, Filter und/oder Begrenzer auf. Dabei wird
unter einem Filter insbesondere ein Mittel verstanden,
welches regelungstechnisch als Filter fungiert und vorge-
gebene Frequenzen einer fluidmechanischen Größe
dämpft. Zusätzlich oder alternativ kann ein Filter auch
ein Mittel sein, welches strömungstechnisch als Filter
fungiert und Fremdstoffe einer vorgegebenen Größe aus
dem Fluid entfernt, mit dem der Regler betätigt wird. Ins-
besondere kann ein Filter hierzu ein oder mehrere Siebe,
Netze oder dergleichen aufweisen.

[0017] Zusätzlich oder alternativ können ein oder meh-
rere Verarbeitungsglieder des Reglers einen oder meh-
rere fluidmechanische, insbesondere pneumatische,
Speicher, insbesondere Durchschnichts- und/oder Extre-
malwertspeicher, aufweisen. Hierdurch kann vorteilhaft-
erweise der Betriebsverlauf des Gasturbinenverdichters
dokumentiert und/oder ausgewertet werden.

[0018] Zusätzlich oder alternativ können ein oder meh-
rere Verarbeitungsglieder des Reglers einen oder meh-
rere fluidmechanisch betätigbare Ventile, insbesondere,
vorzugsweise vorgespannte, Rückschlag- oder Stellven-
tile aufweisen. Unter einem Ventil wird vorliegend insbe-
sondere ein Mittel verstanden, durch das eine Fluidpas-
sage vergrößert bzw. geöffnet und/oder verkleinert bzw.
geschlossen werden kann, unter einem Rückschlagven-
til entsprechend ein Mittel, das ein Durchströmen einer
Fluidpassage nur in einer Strömungsrichtung gestattet.

[0019] In einer Ausführung ist der Regler temperatur-
abhängig regelnd ausgebildet. Hierzu kann er beispiels-
weise eine oder mehrere temperaturabhängige Ventile
aufweisen, die bei Erreichen einer vorgegebenen Tem-
peratur öffnen oder schließen.

[0020] In einer Ausführung ist der Regler zur Ausgabe
eines elektrischen Signals, insbesondere an einen elek-
tronischen Gasturbinenregler, ausgebildet. Auch ein sol-
cher Regler kann autonom im Sinne der vorliegenden
Erfindung arbeiten, sofern er nur elektrische Signale aus-
gibt bzw. eingehende elektrische Signale keinen Einfluss
auf die durch ihn implementierte Regelstrecke haben.

[0021] Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich
aus den Unteransprüchen und den Ausführungsbeispielen.
Hierzu zeigt, teilweise schematisiert:

Fig. 1: einen Teil eines Gasturbinenverdichters nach
einem Beispiel des Stands der Technik im Meridian-
schnitt;

Fig. 2: einen Teil eines Gasturbinenverdichters nach
einem Beispiel des Stands der Technik in Fig. 1 ent-
sprechender Darstellung; und

Fig. 3: einen Teil eines Gasturbinenverdichters nach
der vorliegenden Erfindung der vorliegenden Erfin-
dung in Fig. 1, 2 entsprechender Darstellung.

[0022] Fig. 1 zeigt einen Teil eines Gasturbinenver-
dichters nach einem Beispiel des Stands der Technik im
Meridianschnitt mit einer stromaufwärtigen (links in Fig.
1) Verdichterstufe mit dem Laufgitter 11 und dem ihm
vorgelagerten Leitgitter 21 und einer stromabwärtigen
(rechts in Fig. 1) Verdichterstufe mit dem Laufgitter 12
und dem ihm nachgelagerten Leitgitter 23 sowie einem
zwischen beiden Stufen angeordneten Leitgitter 22, wo-
bei eine Drehachse des Verdichterrotors, der die Lauf-
gitter 11, 12 trägt, strichpunktirt angedeutet ist.

[0023] Zwischen der stromaufwärtigen und der strom-
abwärtigen Verdichterstufe ist eine Umblaspassage aus-
gebildet, die im Beispiel exemplarisch radial außen und
in Axialrichtung vor dem Laufgitter 11 bzw. hinter dem
Laufgitter 12 mit dem Arbeitsfluid kommuniziert. Die Um-
blaspassage kann beispielsweise in einem Verdichter-
gehäuse oder Verdichterrotor wenigstens teilweise inte-
gral ausgebildet und/oder durch Schlauchleitungen oder
dergleichen definiert sein.

[0024] In der Umblaspassage ist ein vorgespanntes
Rückschlagventil 100 angeordnet, das die Umblaspas-
sage für das Arbeitsfluid des Verdichters öffnet, wenn
der Druck der stromabwärtigen Verdichterstufe den
Druck der stromaufwärtigen Verdichterstufe um mehr als
einen vorgegebenen Wert überschreitet, der durch die
vorgespannte Druckfeder des Rückschlagventils 100
vorgegeben ist.

[0025] Das Rückschlagventil 100 bildet das einzige
Verarbeitungsglied eines Reglers zum Öffnen und
Schließen der Umblaspassage, durch den Verdichter-
pumpen reduziert wird: sinkt die Druckdifferenz zwischen
stromauf- und stromabwärtiger Verdichterstufe unter den
durch die Druckfeder vorgegebenen Wert, da beispiels-
weise der Druck in der stromaufwärtigen Verdichterstufe
zu stark absinkt oder in der stromabwärtigen Verdichter-

stufe zu stark ansteigt, d.h. die Förderhöhe sich zu stark erhöht, wird selbsttätig solange Arbeitsfluid mit höherem Druck von der stromabwärtigen Verdichterstufe durch die Umblaspassage zu der stromaufwärtigen Verdichterstufe geführt, bis der Verdichter wieder im stabilen Bereich arbeitet.

[0026] Dabei wird das Verarbeitungsglied rein fluidmechanisch betätigt, der Regler arbeitet fluidmechanisch autonom ohne Stromversorgung oder Steuersignale eines Gasturbinenreglers. Hierdurch kann schnell und zuverlässig, auch bei Stromausfall, auf, insbesondere transiente, Betriebszustände des Verdichters reagiert werden.

[0027] Das Verarbeitungsglied verknüpft die beiden Eingangsgrößen "Druck der stromabwärtigen Verdichterstufe" und "Druck der stromaufwärtigen Verdichterstufe" fluidmechanisch als Subtrahierer und vergleicht sie fluidmechanisch mit dem durch die Druckfeder vorgegebenen Wert. Es fungiert zusätzlich als Erfassungsglied zur Erfassung der beiden fluidmechanischen Größen "Druck der stromabwärtigen Verdichterstufe" und "Druck der stromaufwärtigen Verdichterstufe" und als fluidmechanisch betätigtes Stellglied, das die Umblaspassage öffnet bzw. schließt.

[0028] Fig. 2 zeigt in Fig. 1 entsprechender Darstellung einen Teil eines Gasturbinenverdichters nach einem Beispiel des Stands der Technik. Mit dem vorstehend beschriebenen Beispiel übereinstimmende Merkmale sind durch identische Bezugszeichen bezeichnet, so dass auf die obigen Beispiele Bezug genommen und nachfolgend nur auf die Unterschiede zum Beispiel nach Fig. 1 eingegangen wird.

[0029] In Fig. 2 ist der Regler ebenfalls rein fluidmechanisch und autonom ausgebildet, jedoch komplexer als in Fig. 1, insbesondere weist er mehrere fluidmechanisch betätigbare Verarbeitungsglieder auf: Arbeitsfluid der stromaufwärtigen Verdichterstufe beaufschlagt zunächst einen fluidmechanischen Dämpfer 400 und wird anschließend durch eine Drossel 300 einem vorgespannten Stellventil 200 zugeführt. Analog beaufschlagt Arbeitsfluid der stromabwärtigen Verdichterstufe einen fluidmechanischen Dämpfer 401 und wird durch eine Drossel 301 dem Stellventil 200 zugeführt.

[0030] Das vorgespannte Stellventil 200 ist als sogenanntes "inverse shuttle valve" ausgebildet, wie es beispielsweise von der Firma The Lee Company (USA) vertrieben wird, auf die auch bezüglich anderer fluidmechanisch betätigbarer Verarbeitungsglieder ergänzend verwiesen wird. Es ist durch eine Druckfeder vorgespannt und derart ausgebildet, dass es in dem in Fig. 2 dargestellten Zustand einen fluidmechanisch betätigbaren Verstärker 500 mit Arbeitsfluid der stromabwärtigen Verdichterstufe beaufschlagt, das durch den Dämpfer 401 und die Drossel 301 geführt wurde, solange der Druck der stromabwärtigen Verdichterstufe nach Dämpfer 401 und Drossel 301 den Druck der stromaufwärtigen Verdichterstufe nach Dämpfer 400 und Drossel 300 um mehr als einen vorgegebenen Wert überschreitet, der durch

die vorgespannte Druckfeder des Stellventils 200 vorgegeben ist. Hierdurch wird der Verstärker 500 geschlossen, der seinerseits die Umblaspassage zwischen stromaufwärtiger und stromabwärtiger Verdichterstufe schließt.

[0031] Sinkt diese Druckdifferenz unter den durch die Druckfeder vorgegebenen Wert, da beispielsweise der Druck in der stromaufwärtigen Verdichterstufe zu stark absinkt oder in der stromabwärtigen Verdichterstufe zu stark ansteigt, d.h. die Förderhöhe sich zu stark erhöht, wird umgekehrt der Verstärker 500 mit Arbeitsfluid der stromaufwärtigen Verdichterstufe beaufschlagt, das durch den Dämpfer 400 und die Drossel 300 geführt wurde. Entsprechend öffnet der Verstärker 500 nun die Umblaspassage zwischen stromaufwärtiger und stromabwärtiger Verdichterstufe, so dass selbsttätig solange Arbeitsfluid mit höherem Druck von der stromabwärtigen Verdichterstufe durch die Umblaspassage zu der stromaufwärtigen Verdichterstufe geführt wird, bis der Verdichter wieder im stabilen Bereich arbeitet.

[0032] Durch die miteinander fluidmechanisch verknüpft bzw. verschalteten, ihrerseits fluidmechanisch betätigbaren Verarbeitungsglieder 200, 300, 301, 400, 401 und 500 ist ein fluidmechanisch autonom mehrstufiger Regler implementiert. Dabei kann durch die Dämpfer 400, 401, die Drosseln 300, 301, die Abstimmung insbesondere der Federn und/oder Flächen des Stellventils 200 und/oder Verstärkers 500 die Regelstrecke, die durch diesen Regler implementiert ist, optimal auf das Betriebsverhalten des Gasturbinenverdichters abgestimmt werden.

[0033] Fig. 3 zeigt in Fig. 1, 2 entsprechender Darstellung einen Teil eines Gasturbinenverdichters nach der vorliegenden Erfindung. Mit den vorstehend beschriebenen Beispielen übereinstimmende Merkmale sind durch identische Bezugszeichen bezeichnet, so dass auf die obigen Beispiele Bezug genommen und nachfolgend nur auf die Unterschiede zu den Beispielen nach Fig. 1, 2 eingegangen wird.

[0034] In Fig. 3 ist zwischen der stromabwärtigen Verdichterstufe mit dem Laufgitter 12 und dem ihm nachgelagerten Leitgitter 23 und der stromaufwärtigen Verdichterstufe mit dem Laufgitter 11 und dem ihm vorgelagerten Leitgitter 21 außer dem Leitgitter 22 eine mittlere Verdichterstufe mit einem Laufgitter 10 und einem ihm vorgelagerten Leitgitter 20 angeordnet.

[0035] Ein Stellventil 201 ist durch eine Druckfeder vorgespannt und derart ausgebildet, dass es in dem in Fig. 3 dargestellten Zustand eine Umblaspassage zwischen der stromabwärtigen Verdichterstufe mit dem Laufgitter 12 und dem ihm nachgelagerten Leitgitter 23 und der stromaufwärtigen Verdichterstufe mit dem Laufgitter 11 und dem ihm vorgelagerten Leitgitter 21 sperrt, solange der Druck der stromabwärtigen Verdichterstufe den Druck der mittleren Verdichterstufe mit dem Laufgitter 10 und dem ihm vorgelagerten Leitgitter 20 nach einer Drossel 302 um mehr als einen vorgegebenen Wert überschreitet, der durch die vorgespannte Druckfeder des

Stellventils 201 vorgegeben ist.

[0036] Sinkt diese Druckdifferenz unter den durch die Druckfeder vorgegebenen Wert, da beispielsweise der Druck in der mittleren Verdichterstufe zu stark absinkt oder in der stromabwärtigen Verdichterstufe zu stark ansteigt, d.h. die Förderhöhe sich zu stark erhöht, öffnet das Stellventil 201 nun die Umblaspassage zwischen stromaufwärtigen und stromabwärtiger Verdichterstufe, so dass selbsttätig solange Arbeitsfluid mit höherem Druck von der stromabwärtigen Verdichterstufe durch die Umblaspassage zu der stromaufwärtigen Verdichterstufe geführt wird, bis der Verdichter wieder im stabilen Bereich arbeitet. Durch das Einblasen von Arbeitsfluid von der stromabwärtiger Verdichterstufe in die stromaufwärtige Verdichterstufe wird insbesondere ein Verdichterpumpen in der mittleren Verdichterstufe verhindert oder reduziert, das aus einem Abfall der Druckdifferenz zwischen mittlerer und stromabwärtiger Verdichterstufe resultiert.

Bezugszeichenliste

[0037]

10, 11, 12	Laufgitter
20, 21, 22, 23	Leitgitter
100	vorgespanntes Rückschlagventil
200; 201	vorgespanntes Stellventil ("shuttle valve")
300, 301; 302	Drossel
400, 401	fluidmechanischer Dämpfer
500	fluidmechanischer Verstärker

Patentansprüche

1. Gasturbinenverdichter, insbesondere Flugtriebwerkverdichter, mit wenigstens drei Verdichterstufen (10, 11, 12), einer Umblaspassage zur Rückführung von Arbeitsfluid von einer stromabwärtigen zu einer stromaufwärtigen Stufe, und einem Regler zum Öffnen und Schließen der Umblaspassage, um ein Verdichterpumpen zu reduzieren, wobei der Regler wenigstens ein, durch das Arbeitsfluid, fluidmechanisch betätigbares Verarbeitungsglied (100; 200, 300, 301, 400, 401, 500; 201, 302) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler durch Arbeitsfluid einer zwischen dieser stromabwärtigen und stromaufwärtigen Stufe (11, 12) angeordneten mittleren Stufe (10) betätigt wird.
2. Gasturbinenverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler fluidmechanisch autonom ausgebildet ist.
3. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler zur Erfassung und fluidmechani-

schen Verarbeitung wenigstens einer fluidmechanischen Größe wenigstens einer Verdichterstufe ausgebildet ist.

4. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler einen fluidmechanischen Addierer, Subtrahierer, Vergleicher, Integrator, Differenzierer, Dämpfer (400, 401), Filter und/oder Begrenzer aufweist.
5. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler einen fluidmechanischen Speicher, insbesondere einen Durchschnitts- und/oder Extremwertspeicher, aufweist.
6. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler ein fluidmechanisch betätigbares Ventil, insbesondere ein, insbesondere vorgespanntes, Rückschlag- oder Stellventil (100; 200; 201) und/oder eine Drossel (300, 301; 302) aufweist.
7. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler temperaturabhängig regelnd ausgebildet ist.
8. Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler zur Ausgabe eines elektrischen Signals, insbesondere an einen elektronischen Gasturbinenregler, ausgebildet ist.
9. Verfahren zum Reduzieren eines Verdichterpumpens in einem Gasturbinenverdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler fluidmechanisch autonom arbeitet.

Claims

1. A gas-turbine compressor, in particular an aircraft-engine compressor, having at least three compressor stages (10, 11, 12), a blow-over passage for returning working fluid from a downstream stage to an upstream stage, and a controller for opening and closing the blow-over passage in order to reduce compressor-pumping, wherein the controller has at least one processing element (100; 200, 300, 301, 400, 401, 500; 201, 302) that can be actuated by the working fluid by means of fluid mechanics, **characterised in that** the controller is actuated by means of working fluid of a central stage (10) arranged between this downstream and upstream stage (11, 12).

2. A gas-turbine compressor according to claim 1, **characterised in that** the controller is formed so as to be fluid-mechanically autonomous.
3. A gas-turbine compressor according to one of the preceding claims, **characterised in that** the controller is formed to detect and process by means of fluid mechanics at least one fluid-mechanics variable of at least one compressor stage.
4. A gas-turbine compressor according to one of the preceding claims, **characterised in that** the controller has a fluid-mechanics adder, subtractor, comparator, integrator, differentiator, damper (400, 401), filter and/or limiter.
5. A gas-turbine compressor according to one of the preceding claims, **characterised in that** the controller has a fluid-mechanics memory, in particular a mean-and/or extremal-value memory.
6. A gas-turbine compressor according to one of the preceding claims, **characterised in that** the controller has a valve that can be actuated by means of fluid mechanics, in particular a non-return or control valve (100; 200; 201), which in particular is pre-tensioned, and/or a throttle (300, 301; 302).
7. A gas-turbine compressor according to one of the preceding claims, **characterised in that** the controller is formed so as to control in a temperature-dependent manner.
8. A gas-turbine compressor according to one of the preceding claims, **characterised in that** the controller is formed to output an electric signal, in particular to an electronic gas-turbine controller.
9. A method for reducing compressor-pumping in a gas-turbine compressor according to one of the preceding claims, **characterised in that** the controller operates fluid-mechanically autonomously.

Revendications

1. Compresseur de turbine à gaz, en particulier compresseur de moteur d'avion, comprenant au moins trois étages de compresseur (10, 11, 12), un passage de soufflerie pour retourner un fluide de travail d'un étage aval à un étage amont, et un régulateur pour commander l'ouverture et la fermeture du passage de soufflerie afin de réduire un pompage de compresseur, où le régulateur comporte au moins un organe de traitement (100 ; 200, 300, 301, 400, 401, 500 ; 201, 302) pouvant être actionné mécaniquement par le fluide de travail, **caractérisé en ce que** le régulateur est actionné par le fluide de travail

d'un étage central (10) disposé entre lesdits étages aval et amont (11, 12).

2. Compresseur de turbine à gaz selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le régulateur est réalisé de manière à être mécaniquement autonome.
3. Compresseur de turbine à gaz selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le régulateur est réalisé pour la détection et le traitement mécanique d'au moins une grandeur mécanique fluide d'au moins un étage de compresseur.
4. Compresseur de turbine à gaz selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le régulateur comporte un additionneur, un soustracteur, un comparateur, un intégrateur, un différenciateur, un amortisseur (400, 401), un filtre et/ou un limiteur mécanique fluide.
5. Compresseur de turbine à gaz selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le régulateur comporte une mémoire mécanique fluide en particulier une mémoire de valeur moyenne et/ou, extrême.
6. Compresseur de turbine à gaz selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le régulateur est une vanne pouvant être actionnée mécaniquement, en particulier une vanne antiretour ou une vanne de réglage (100 ; 200 ; 201), notamment précontrainte et/ou une vanne d'étranglement (300, 301 ; 302).
7. Compresseur de turbine à gaz selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le régulateur est réalisé pour réguler en fonction de la température.
8. Compresseur de turbine à gaz selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le régulateur est réalisé pour émettre un signal électrique, en particulier vers un régulateur électronique de turbine à gaz.
9. Procédé de réduction d'un pompage de compresseurs dans un compresseur de turbine à gaz selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le régulateur fonctionne de manière mécaniquement autonome.

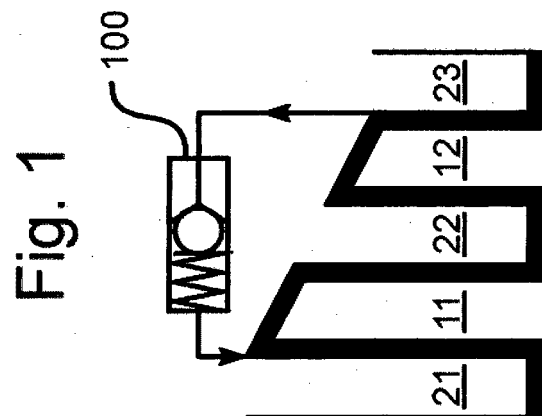
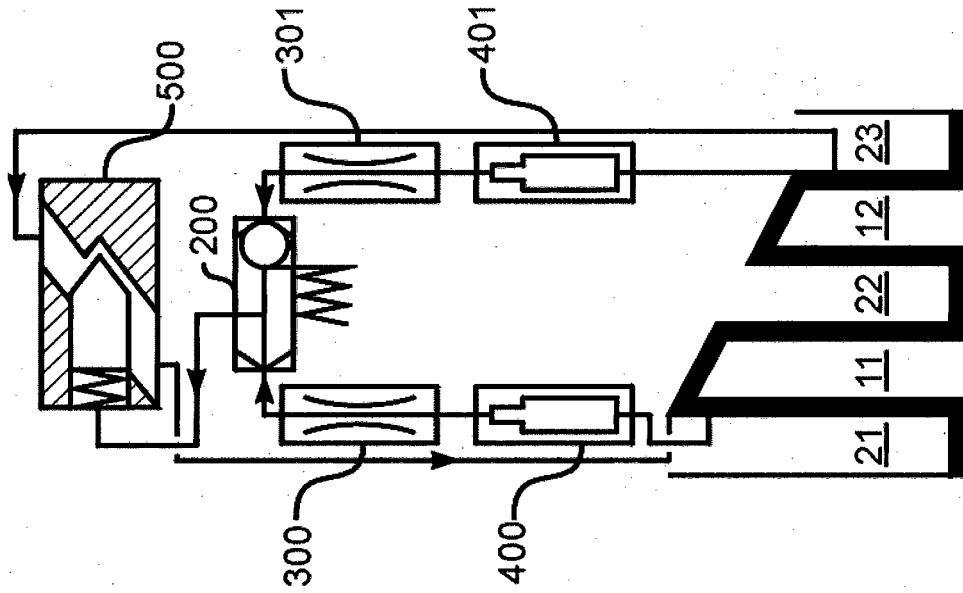
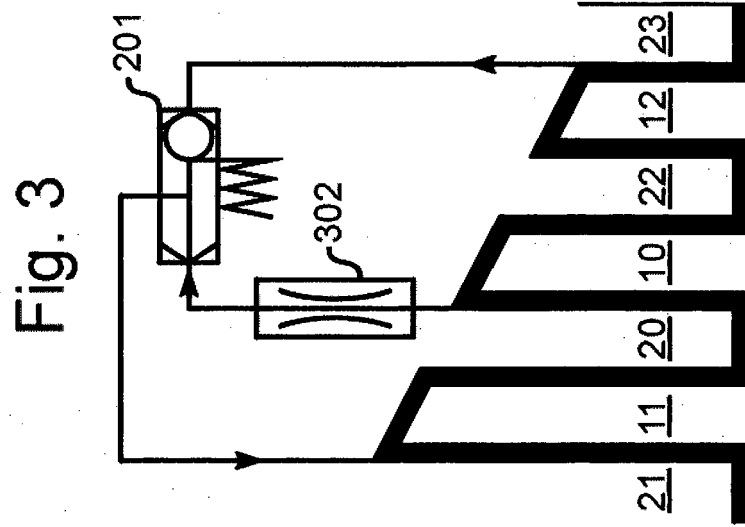


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 2853340 A1 [0001]